

Fortschr. Röntgenstr. 142, 1 (1985) 23–30
© Georg Thieme Verlag Stuttgart · New York

Vergleichende MR- und CT-Untersuchungen bei ausgewählten neuroradiologischen Fragestellungen* **

Von H. Becker, H. Vogelsang † und R. Schwarzrock

3 Abbildungen

Abteilung Neuroradiologie (Prof. Dr. H. Vogelsang †) und Institut für Nuklearmedizin sowie spezielle Biophysik (Prof. Dr. H. Hundeshagen), Zentrum Radiologie, Medizinische Hochschule Hannover

Die magnetische Kernspinresonanz (MR) als neues digitales Bildverfahren ist für die Röntgendiagnostik im Bereich des Zentralnervensystems von besonderem Interesse. Sie ermöglicht bisher nicht gekannte Darstellungen des Gehirns und Rückenmarks. Um die diagnostische Leistungsfähigkeit der Methode zu ermitteln, wurden streng korrelierte CT-Vergleichsuntersuchungen durchgeführt. Es wird über deren Ergebnisse bei Patienten mit Epilepsien ungeklärter Ätiologie, Hirninfarkten, sellären Raumforderungen und spinalen Angiomen berichtet. Über die CT hinausgehende Informationen lieferte MR in der Früherkennung von Tumoren bei Spätepilepsien und bezüglich der Darstellung von frischen Hirninfarkten. In der Diagnostik von Sellatumoren und spinalen Angiomen bot MR bisher keine grundsätzlichen neuen Erkenntnisse. In diesen Fällen ist MR jedoch ein konkurrierendes Verfahren zur CT und konventionellen Röntgendiagnostik. Nach den bisherigen Erfahrungen, insbesondere auch mit diagnostischen Problemfällen, kann festgestellt werden, daß MR sich zu einer der wesentlichen Untersuchungsmethoden für die Neuroradiologie entwickelt.

Einleitung

Nach der Computertomographie (CT) und der digitalen Subtraktionsangiographie (DSA) hat die magnetische Kernspinresonanz (MR) als neue bildgebende Untersuchungstechnik

rasch an Bedeutung gewonnen. Wie bei der CT, wurde dem Gehirn von Anfang an besonderes Interesse entgegengebracht. Schon bald war auch erkennbar, daß sich Rückenmark und Spinalkanal in nicht bekannter Art und Weise darstellen ließen. Erwartungen hinsichtlich weitergehender Befunde als im CT bei krankhaften Prozessen des ZNS wurden geweckt, wie etwa die Früherkennung von Tumoren, Differenzierung pathologischer Wassereinlagerungen u. a. sowie in Zukunft die Anwen-

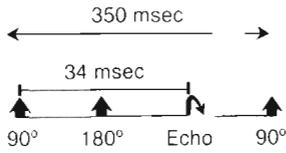
A comparison of MR and CT for selected problems in neuro-radiological diagnosis

Magnetic resonance (MR) is a new digital imaging method which is of particular interest in the radiological diagnosis of the central nervous system. It provides a new form for demonstrating the brain and the spinal cord. To evaluate the scope of the method, it was compared with CT. The results in patients with epilepsy of unknown origin, cerebral infarcts, sellar space-occupying lesions and spinal angiomas are described. MR provides information concerning tumours causing epilepsy and also fresh infarcts at an earlier stage than CT. MR has not, so far, provided any new insights in the diagnosis of sellar tumours or spinal angiomas. In these cases, MR can, nevertheless, compete with CT and with conventional radiological methods. Present experience, particularly with problem cases, indicates that MR is becoming an important method of examination in neuroradiology.

* Herrn Prof. Dr. H.-St. Stender zum 65. Geburtstag gewidmet.

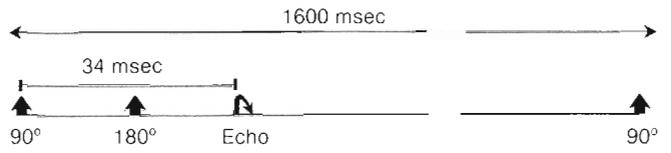
** Gefördert durch das Bundesministerium für Forschung und Technologie.

Tab. 1 Spinechosequenz (Protonendichte und T₁-betont).



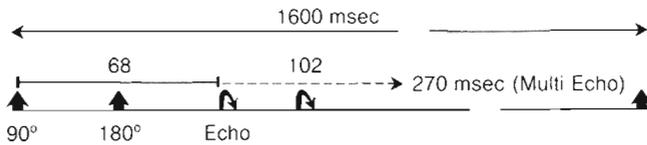
hell	Fett	Lipom, frische Blutung
grau	weiße Hirnsubstanz graue Hirnsubstanz	
dunkel	Liquor	Syrinx, alte Blutung, Zysten, alter Infarkt, Angiom, Verkalkung

Tab. 2 Spinechosequenz (Protonendichte und T₁-betont).



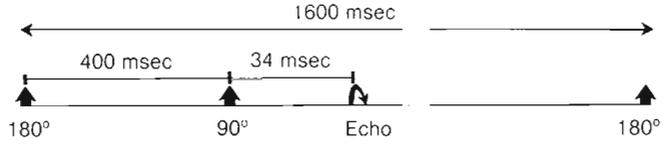
hell	Fett, graue Hirnsubstanz	alter Infarkt, alte Blutung, frischer Infarkt, MS-Herd, Hirnödeme, Tumor, frische Blutung
grau	weiße Hirnsubstanz	
dunkel	Blutgefäße, Liquor	Zyste, Syrinx, Angiom, Verkalkung

Tab. 3 Spinechosequenz (T₂-betont).



hell	Liquor	Zysten, Syrinx, alter Infarkt, alte Blutung, frischer Infarkt, MS-Herd, Hirnödeme, Tumor, frische Blutung
grau	graue Hirnsubstanz, Fett	
dunkel	Blutgefäße, weiße Hirnsubstanz	Angiom, Verkalkung

Tab. 4 Inversion Recovery (T₁-betont).



hell	Fett, weiße Hirnsubstanz	frische Blutung
grau	graue Hirnsubstanz	
dunkel	Blutgefäße, Liquor	Tumor, Hirnödeme, frischer Infarkt, alte Blutung, alter Infarkt, Syrinx, Zysten, Angiom, Verkalkung, MS-Herd

derung der Kernspinspektroskopie für medizinische Fragestellungen. Die Vorstellung, ohne zusätzliche Kontrastmittelgabe auszukommen, wird bereits durch die Entwicklung spezifischer Kontrastmittel (Gadolinium) als überholt angesehen. Trotz kaum noch übersehbarer weltweiter Publikationen und einer stürmischen Apparateentwicklung fehlen noch weitgehend exakte statistische Daten zur Spezifität und Sensivität der Krankheitserkennung. Auch bedarf es großer Anstrengungen, exakte Vergleichsdaten zu den bisher eingesetzten Methoden, besonders dem CT, zu gewinnen (36). Der Versuch, eine Antwort hierzu für bestimmte Fragestellungen zu geben, soll im folgenden unternommen werden.

Methodik

Seit Februar 1983 steht an der Medizinischen Hochschule Hannover ein Kernspintomograph zur Verfügung. Es handelt sich um einen Prototyp der Fa. Siemens. Das Gerät arbeitet mit einem Widerstandsmagneten, dessen Feldstärke 0,2 Tesla beträgt. Dementsprechend wird zur Anregung ein Hochfrequenzsystem mit 8,25 MHz verwendet. Die Magnetöffnung hat einen Durchmesser von 60 cm. Die Feldhomogenität wird mit 30 ppm angegeben, die Konstanz der Feldstärke mit weniger als 1 ppm. Die Pixelgröße beträgt 2,2 x 2,2 mm bei einer Bildmatrix von 128 x 128 Bildpunkten. Die Anlage arbeitet mit dem Computer pdp 11/24.

Durch Änderung der Schaltung der Gradientenspulen sind Aufnahmen in axialer, koronarer und sagittaler Projektion möglich. Die durchschnittliche Untersuchungsdauer im MR-Gerät beträgt ca. 1 Stunde. Für Schädeluntersuchungen wird eine spezielle Kopfspule verwendet. Sie kann selten auch einmal, ebenso wie die Magnetöffnung selbst, ein unangenehmes Engegefühl beim Patienten verursachen. Die Messungen werden im Spinecho-Verfahren (Doppel- und Multi-Echo) sowie im Inversion-Recovery-Verfahren vorgenommen. Die Repetitionszeiten (T_R) lagen zwischen 350 und 1600 msec, die Zeiten der Ausleseverzögerung (T_E) zwischen 34 und 270 msec. In der Regel wurden bei einer Repetitionszeit von 350 msec 4-6 Mittelungen, bei einer Repetitionszeit von 1600 msec 2-3 Mittelungen durchgeführt. In Abhängigkeit von den verwendeten technischen Parametern stellen sich physiologische und pathologische Strukturen in unterschiedlicher Weise auf der Grauwertskala zwischen hell (weiß) und dunkel (schwarz) dar. Dabei kann sich die gleiche Struktur je nach Meßmode hell, grau oder dunkel abbilden. Entscheidend für die Erkennbarkeit ist die differierende Signalintensität, wobei neben Protonendichte und Protonenfluß insbesondere die Längsrelaxationszeit T₁ und die Querrelaxationszeit T₂ von Bedeutung sind. Wichtig ist dabei die veränderte Relaxationszeit von krankhaftem im Vergleich zu gesundem Gewebe. Die Tab. 1-4 zeigen in vereinfachter schematischer Darstellung die Abbildung physiologischer und pathologischer Strukturen des Zentralnervensystems auf der Grauwertskala bei verschiedenen von uns eingesetzten Meßverfahren. Aufgabe des vom Bundesministerium für Forschung und Technologie finanzierten Gerätes ist es, den sinnvollen Einsatz von MR durch

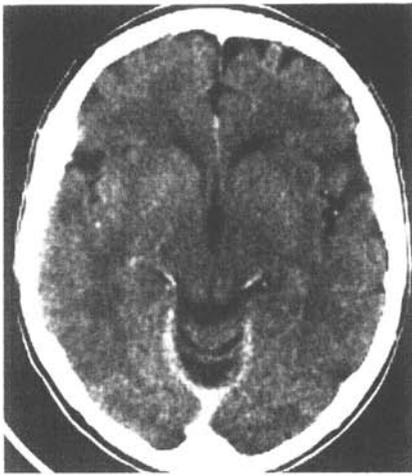


Abb. 1 a CT nach Kontrastmittel: kein pathologischer Befund. Klinisch: psychomotorische Anfälle, EEG-Herd temporal rechts.

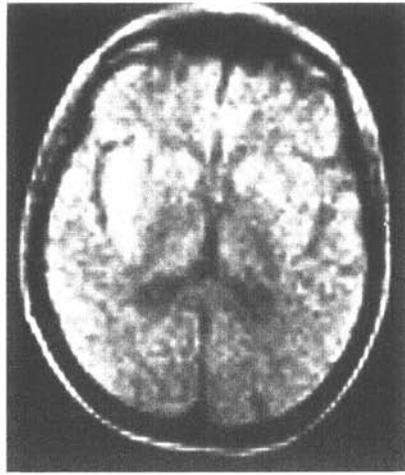


Abb. 1 b MR (T_R 1600/ T_E 68): Vermehrte Signalintensität rechts temporomedial (gleicher Patient wie Abb. 1 a).

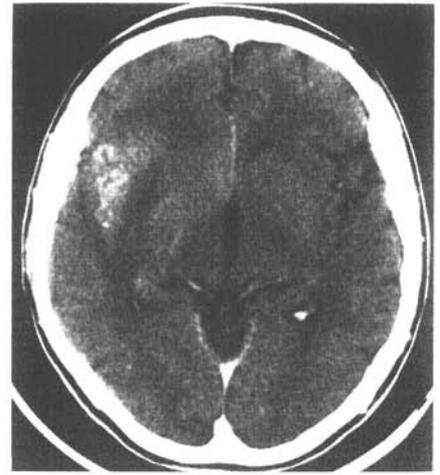


Abb. 1 c CT-Kontrolle nach 7 Monaten: Tumor rechts frontotemporal mit Ausdehnung bis in die Stammganglien. Kompression des rechten Vorderhornes.

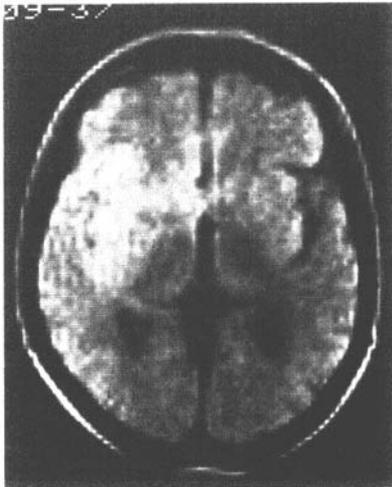


Abb. 1 d MR-Kontrolle nach 7 Monaten: Zunahme der Zone erhöhter Signalintensität, bis an die Mittellinie heranreichend. Zeichen der Raumforderung.

Vergleichsstudien zu ermitteln. Dabei geht es insbesondere darum, herauszufinden, bei welchen Erkrankungen MR der CT in der diagnostischen Aussage überlegen ist. Die CT-Untersuchungen wurden einheitlich mit einem hochauflösenden Scanner, dem GE 9800, durchgeführt. Dabei erfolgte der Einsatz aller Möglichkeiten moderner CT-Techniken. Schwerpunkte der neuroradiologischen Arbeitsgruppe waren MR-Untersuchungen bei Anfallsleiden ungeklärter Ätiologie mit EEG-Herdbefunden und negativem CT-Befund, die Diagnostik von Hirninfarkten und von Hypophysentumoren. Im Spinalbereich interessierten besonders die Angiome. Darüber hinaus wurden insbesondere Problemfälle untersucht, bei denen mit anderen diagnostischen Methoden keine ausreichende Klärung gelang. Insgesamt wurden bisher 250 Kernspintomogramme im Bereich von Gehirn und Rückenmark durchgeführt.

Untersuchungsergebnisse

Epilepsien ungeklärter Ätiologie

Für die MR wurden 12 Patienten ausgewählt, die im EEG einen Herdbefund aufwiesen und bei denen das CT keine korrelierenden pathologischen Veränderungen zeigte. Es han-

deltete sich um 4 Frauen und 8 Männer im Alter zwischen 23 und 46 Jahren mit einem Altersmittel von 36,2 Jahren. Die Krampfanfälle bestanden seit 1 Monat und bis zu 34 Jahren, im Durchschnitt 9,4 Jahre. Dabei boten 4 Patienten psychomotorische Anfälle, 3 Patienten große generalisierte Anfälle fokaler Genese und 5 Patienten kombiniert psychomotorische Anfälle und große generalisierte Anfälle fokaler Genese. Die EEG-Herdbefunde waren sämtlich temporal lokalisiert. MR-Messungen erfolgten im Spinecho- und Inversion-Recovery-Verfahren in axialer, koronarer und sagittaler Projektion. Insbesondere die koronare Aufnahmetechnik war für einen Seitenvergleich der Temporallappen vorteilhaft. Die Schichtdicke betrug generell 10 mm, da sich die Knochenstrukturen der Schädelbasis nicht störend bemerkbar machen. Nur in 2 Fällen fanden sich bei negativem CT-Befund pathologische Veränderungen im Kernspintomogramm.

Bei einem 45jährigen Patienten bestanden große generalisierte Anfälle und psychomotorische Anfälle seit 20 Jahren. Im MR-Bild kam links temporo-okzipital eine rundliche kortikal gelegene Zone erhöhter Signalintensität von 2,5 cm Durchmesser zur Darstellung, für die es im CT keinen entsprechenden Befund gab. Eine artdiagnostische Zuordnung war jedoch trotz verschiedener Aufnahmemodes nicht möglich. In dem anderen Fall handelte es sich um eine 46jährige Patientin, bei der seit 1 Monat schwer therapierbare psychomotorische Anfallsreihen aufgetreten waren. Das EEG bot einen Herdbefund rechts temporal. Das CT wurde als o. B. befundet. Es fiel lediglich vor allem retrospektiv eine etwas engere Sylvische Fissur rechts im Vergleich zu links auf. Im Kernspintomogramm war bereits zu diesem Zeitpunkt ein Bereich vermehrter Protonendichte im rechten Temporallappen nachzuweisen, der bis an die vordere Stammganglienregion heranreichte. Auch mit diesem Verfahren kam die rechte Sylvische Fissur eingeengt zur Abbildung. Es wurde der Verdacht auf eine Frühform eines hirneigenen Tumors im Sinne eines Astrozytoms geäußert. Der Befund wurde nach 4 und 8 Wochen kontrolliert. Es war weder im CT noch mit MR eine Befundänderung festzustellen. Zwischenzeitlich sistierten die Anfälle unter antikonvulsiver Therapie. Eine erneute Kontrolle nach weiteren 5 Monaten ergab dann eine deutliche Größenzunahme des Tumors im MR-Bild. Der Tumor reichte bis an die Mittellinie heran und hatte sich nach frontobasal ausgedehnt. Erst zu diesem Zeitpunkt war der Tumor auch im CT eindeutig abzugrenzen. Er kam hyperdens mit feinfleckigen Kalkstrukturen zur Darstellung bei nur mäßigem Kontrastmittelenhancement. Zwischenzeitlich war die Patientin weiter anfallsfrei und der neurologische Befund nach wie vor regelrecht (Abb. 1).

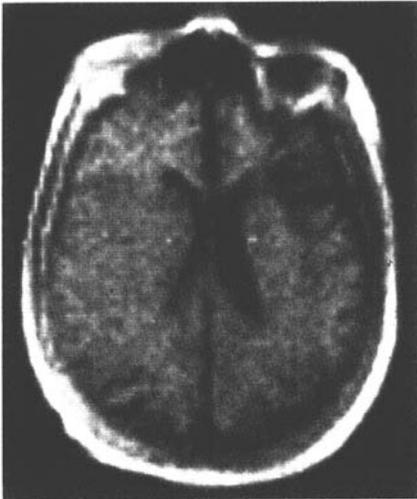


Abb. 2a MR (T_R 350/ T_E 34): Alter Hirninfarkt links temporal.



Abb. 2b MR (T_R 1600/ T_E 34, 68): Alter Hirninfarkt links temporal, frischer Hirninfarkt rechts parietotemporal (gleicher Patient wie Abb. 2a).

Nach unseren bisherigen Erfahrungen sollte MR in der Epilepsiediagnostik besonders bei Spätepilepsien mit negativem CT-Befund eingesetzt werden, da in solchen Fällen durch die CT ein Tumor nicht ausgeschlossen ist. Wie unser Fallbeispiel zeigt, besteht hier die Chance, den Tumor zu einem deutlich früheren Zeitpunkt als im CT zu erfassen. Andererseits legt der zuvor dargestellte Fall die Vermutung nahe, daß auch bei länger bestehenden Krampfanfällen und EEG-Herdbefund mit MR eine Klärung möglich wird. Allerdings zeigt das Verfahren trotz Anwendung aller verfügbaren Aufnahmemodes eine zwar hohe Sensitivität für pathologische Befunde, jedoch noch eine unzureichende Spezifität.

Hirninfarkte

Ein Vorteil von MR gegenüber CT ist die Erkennung enzephalomalazischer Herde bereits wenige Stunden nach dem Gefäßverschluss (23, 31). Im CT sind sie dagegen erst nach 24 Stunden eindeutig abzugrenzen. Auch während des „fogging-effect“ (3) in der 2. und 3. Woche nach Akutereignis, wenn der Hirninfarkt im Nativ-CT wegen Isodensität und fehlenden raumfordernden Zeichen nicht erkannt werden kann, ist er mittels MR nachzuweisen. Eine Unterscheidung von frischem und altem Hirninfarkt ist bei Anwendung verschiedener Aufnahmemodes möglich. Während der enzephalomalazische Herd im Nekrose- und Resorptionsstadium (bis zu 6 Wochen nach Auftreten der Akutsymptomatik) besonders gut durch T_2 betonte Spinechsequenzen darzustellen ist, kommt er im Stadium der Zyste und Glianarbe (nach 6 Wochen) ebenso mit Protonendichte und T_1 -betonten Spinechsequenzen zur Abbildung (Abb. 2).

Ein weiterer Vorteil von MR ist der Nachweis von Hirninfarkten in Bereichen, die für die CT infolge Artefaktüberlagerung problematisch sind, was für die basalnahen Hirnabschnitte, speziell die hintere Schädelgrube, zutrifft.

Um Erfahrungen mit der Darstellung von Hirninfarkten im Stadium der Zyste und Glianarbe durch den Vergleich von MR und CT zu sammeln, wurden 10 Patienten mit angiographisch gesichertem Verschuß der A. carotis interna und 1 Patient mit einem Verschuß der A. cerebri media unmittelbar vor einer

extra-intrakraniellen arteriellen Bypassoperation (EIAB) mit beiden Methoden untersucht.

Ziel der Vergleichsstudie war es außerdem, festzustellen, ob es nach erfolgreicher Gefäßanastomose zu einer Änderung der Signalintensität im Bereich infarzierter Hirnareale kommt. Deshalb erfolgten 2 Monate nach der Operation eine erneute Kernspintomographie und CT.

Die Infarktbezirke kommen mit MR infolge des höheren Kontrastunterschiedes zum angrenzenden gesunden Hirngewebe eindrucksvoller zur Darstellung als die hypodensen Zonen im CT. Mit verlängerter Ausleseverzögerung kann diese Kontrastdifferenz im MR-Bild noch verstärkt werden. Unterschiede zwischen MR und CT fanden sich bezüglich Anzahl und Ausdehnung der Hirninfarkte nicht.

Vergleicht man die prä- und postoperativen Untersuchungsergebnisse, die bei 8 Patienten vorliegen, ergibt sich in 5 Fällen keine Befundänderung. Bei 3 Patienten waren in der Zwischenzeit weitere enzephalomalazische Herde aufgetreten, davon zweimal im ehemaligen Operationsgebiet ohne zusätzliche neurologische Ausfälle. In keinem Fall kam es zu einer Größenänderung präoperativ nachgewiesener Hirninfarkte. Die Messungen von T_1 und T_2 erbrachten keine neuen Erkenntnisse.

Selläre Raumforderungen

Im Rahmen einer interdisziplinären Arbeitsgruppe „Hypophysentumoren“, in der die Endokrinologie, Neuroradiologie, Nuklearmedizin und Neurochirurgie vertreten ist, um Diagnostik und Therapie der Hypophysentumoren zu optimieren, wurden 28 Patienten mit sellären Raumforderungen mit CT und MR untersucht. Es handelte sich um 19 Hypophysenadenome, 1 Kraniopharyngeom, 1 Chordom, 3 Fälle von „leerer“ Sella und 4 artdiagnostisch unklare Raumforderungen. CT und MR wurden bezüglich Tumornachweis, -artdiagnose und -topographie miteinander verglichen (Tab. 5). In keinem Fall war MR diagnostisch überlegen. Meistens war mit beiden Methoden eine gleiche diagnostische Aussage zu erreichen. Bei 2 Patienten war MR im Tumornachweis unterlegen. Es handelte sich um intraselläre Tumoren, bei denen nur eine fragliche pathologische Signalintensität zu erkennen war. Intrasel-

Abb. 3 a u. b CT nach sagittaler und koronarer Reformation: Hypophysenadenom mit suprasellärer Ausdehnung.

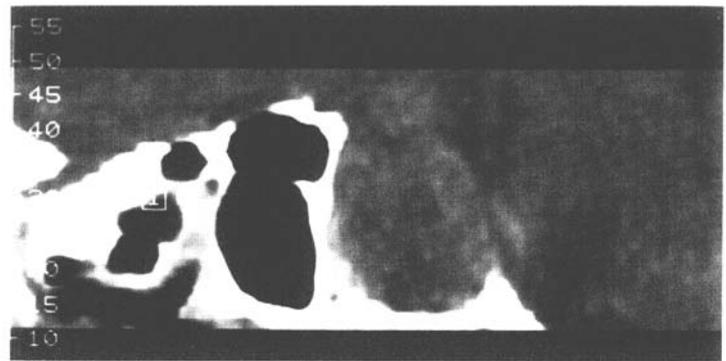


Abb. 3 a



Abb. 3 b

Abb. 3 c u. d MR (T_R 1600/T_E 68): nach suprasellär reichendes Hypophysenadenom mit liquiden Anteilen in Sellabodennähe. Sagittale und koronare Projektion (gleicher Patient wie Abb. 3 a u. b).

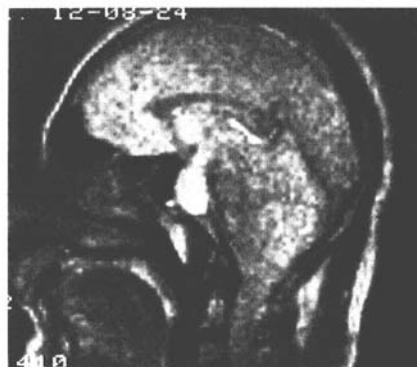


Abb. 3 c

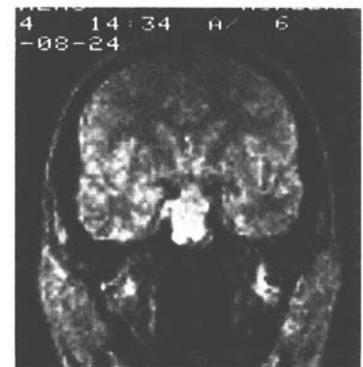


Abb. 3 d

läre Tumoren waren bis zu einer Größe von 1 cm Durchmesser im MR-Bild nachzuweisen, wenn sie ein erhöhtes Signal im Vergleich zu den umgebenden Strukturen aufwiesen. Handelte es sich um größere Tumoren, die die Sellagrenze überschritten, so ergaben sich keine Schwierigkeiten im Tumornachweis. Bezogen auf die Signalstärke von angrenzendem Hirngewebe

kamen Hypophysentumoren mit gleicher Intensität oder aber verstärkten Signalen zur Abbildung. Letzteres war immer dann der Fall, wenn das Tumorgewebe nekrotische oder zystische Anteile aufwies (Abb. 3). Eine liquorgefüllte sogenannte „leere“ Sella war mit MR durch das gleiche Signalverhalten wie das der Liquorräume einfach zu diagnostizieren. Die Unterscheidung zwischen Tumor und Aneurysma bereitet mit MR keine Schwierigkeiten, da durch den Protonenfluß des Blutes im Aneurysma ein völlig anderes Signal als im Tumorgewebe zustande kommt. Für die artdiagnostische Zuordnung war von Nachteil, daß mit MR keine feineren Verkalkungen nachgewiesen werden können, ein wesentliches Kriterium für die Artdiagnose eines Kraniopharyngeoms in Kombination mit zystischen Tumoranteilen. Hinsichtlich der topographischen Zuordnung der Tumorausdehnung ergaben sich keine relevanten Unterschiede. Vorteilhaft war jedoch die übersichtliche Abbildung in der sagittalen MR-Projektion, insbesondere bei

Tab. 5 Vergleich von MR und CT in der Diagnostik sellärer Raumforderungen.

	Nachweis	Artdiagnose	Topographie
MR > CT	0	0	0
MR = CT	26	27	27
MR < CT	2	1	1

supra- und retrosellärem Tumorwachstum. Dabei war insbesondere auch die Einengung der Cisterna chiasmatis gut darzustellen. Da eine definitive Tumordiagnose im CT nur nach intravenöser Kontrastmittelgabe möglich ist, ist der Einsatz von MR bei allen Patienten mit bekannter Kontrastmittelunverträglichkeit indiziert. Inwieweit MR-Kontrastmittel (z. B. Gadolinium) eine weitere Verbesserung im Nachweis von Seltumoren bringen wird, bleibt abzuwarten.

Spinale Angiome

Die Beschäftigung mit spinalen Angiomen und ihre Embolisierung (32, 33) seit nunmehr fast zwei Jahrzehnten führte zwangsläufig dazu, die Möglichkeit des Einsatzes der MR ohne invasive Diagnostik zu prüfen. Sie ist gleichzeitig eine logische Folgerung unserer Bemühungen, etwa durch eine intravenöse DSA (4) zu einer Früherkennung zu kommen. Der uns zur Verfügung stehende MR-Protonentyp ließ nur eine bedingte Aussage zu. Hinzu kommt, daß Angiomträger gehäuft Wirbelsäulenverkrümmungen aufweisen und damit exakte Mittellinienschichten schwierig zu erreichen waren. Deshalb wurde auf die Möglichkeit von Fehlinterpretationen besonders geachtet.

Bei 4 eigenen Fällen spinaler Angiome, die sowohl myelographisch, arteriographisch sowie durch intravenöse DSA und MR untersucht werden konnten, zeigte sich, daß von den noch nicht voroperierten 2 Fällen mit den gegebenen Möglichkeiten nur in einem Fall auch im MR der Verdacht auf eine Gefäßmißbildung geäußert werden konnte. Dies auch nur zunächst im Zusammenhang mit den klinischen und den anderen diagnostischen Vorkenntnissen. Es hatte sich hierbei um ein größeres spinale Angiom mit stark abdrainierenden, entsprechend funktionell erweiterten Venen und einem schnellen Blutdurchfluß gehandelt. Somit war es auch im MR infolge der strömungsbedingten „Leere“ erkennbar. In einem weiteren Fall war das spinale Angiom durch ein relativ feines Netzwerk arteriell mißgebildeter Gefäße um und im Rückenmark gekennzeichnet, mit einem stark verlangsamten Durchfluß. Hier versagte bereits die i. v. DSA, und auch im MR konnte kein Korrelat wie im vorherigen Fall nachgewiesen werden. Der Rezidivnachweis eines Angioms mittels MR dürfte infolge der postoperativen Verhältnisse schwierig, wenn nicht unmöglich sein und gelang uns auch nicht (Nachweis nur bei schnellem Blutdurchfluß in kaliberkräftigen Gefäßen möglich?). Besteht aufgrund von Klinik und Myelogramm der Verdacht auf eine Gefäßfehlbildung, ist eine solche jedoch arteriographisch nicht feststellbar, ist unserer Erfahrung nach auch MR nicht geeignet, einen pathologischen Befund zu erheben.

Diskussion

Nach den bisher vorliegenden Erfahrungen hat die MR-Untersuchungstechnik – nicht zuletzt durch Verbesserung der Bildqualität und schnellere Untersuchungszeit durch Multi-Slice-Technik – inzwischen für die Neuroradiologie einen hohen Stellenwert erlangt. Von Anfang an waren Gehirn und Rückenmark als bewegungsfreie Organe für MR von besonderem Interesse. Eine exakte artefaktfreie Darstellung normaler und pathologischer Strukturen des ZNS sowie die Aufnahmetechniken in 3 Ebenen ohne Umlagerung des Patienten kamen hinzu. Dieser Stellenwert wird besonders im Schrifttum bei raumfordernden Prozessen intrakraniell (2, 7, 9, 11, 12, 16, 19, 21, 22, 24, 26, 35) und intraspinal (1, 18, 25, 27, 34) deutlich.

Ogleich noch immer nicht genügend klinische Erfahrungen und vergleichende Untersuchungen bezüglich geeigneter MR-Parameter verfügbar sind, findet auch in Deutschland eine zunehmende Anwendung der MR statt. Dabei hat sich bislang eine gesicherte Überlegenheit bei den demyelinisierenden Erkrankungen (MS) und den sog. low-grade-Astrozytomen herausgestellt.

Vergleichsuntersuchungen bei Patienten mit *ungeklärten Epilepsien* fanden bislang offenbar nicht statt. Erwähnung finden in einzelnen Publikationen (8, 37) u. a. einige Fälle, die verschiedenartige Anfallsmuster aufwiesen, wobei im Vergleich mit der CT keine neuen Gesichtspunkte gewonnen werden konnten. *Blom* und Mitarb. (6) wiesen in ihrer Arbeit über die CT mit hochauflösenden Scannern bei Patienten mit Temporallappenepilepsien auf die hohe Genauigkeit in der Abklärung von Tumoren, Infarkten usw. hin. Bei mikroskopischen Veränderungen allerdings mußte die CT versagen. Von den eigenen 12 speziell ausgesuchten Fällen, die einen temporalen Herdbefund im EEG, aber kein Korrelat im CT hatten, wird die Wertigkeit der neuen Scannergeneration unterstrichen: Bei 10 Patienten konnte auch die MR keinen pathologischen Befund erheben, ein weiterer Patient hatte einen unspezifischen Befund mit einer erhöhten Signalintensität. Andererseits zeigt unsere Vergleichsstudie, daß in Einzelfällen MR frühzeitig als einzige Methode ein pathologisches Korrelat nachweisen läßt, welches durch Verlaufsuntersuchungen sich als Tumor herausstellte.

Ähnlich den Tumoren waren *Infarzierungen* im Bereich der Großhirnkonvexitäten (8, 10, 13, 23, 31, 37) ebenso wie Infarzierungen im Bereich des Hirnstammes (12, 13) schon frühzeitig Untersuchungsobjekte am MR, hier auch teilweise im Vergleich mit der CT. Übereinstimmend werden die Vorteile der MR gegenüber CT durch Früherkennung bereits 3 bis 6 Stunden nach Eintritt der Infarzierung hervorgehoben, ebenso wenn der Infarkt in der 2. bis 3. Woche im Nativ-CT durch den „fogging-effect“ nicht zur Darstellung kommt. Verschiedene Aufnahmemodes ermöglichen eine Differenzierung des frischen vom alten Hirninfarkt, ebenso die klinisch wichtige Differentialdiagnose des Schlaganfalles, die Unterscheidung zwischen einem Infarkt und einer Blutung. Die von uns durchgeführten Vergleichsuntersuchungen (5) bei Hirninfarkten im Stadium der Zyste und Glianarbe zeigten keine Unterschiede zwischen MR und CT, weder hinsichtlich Lokalisation, Ausdehnung und Anzahl. Interessant, daß die präoperativen Untersuchungsergebnisse nach durchgeführten Karotisexterna-interna-Bypassoperationen immerhin bei 3 Patienten weitere enzephalomalazische Herde aufwiesen, zweimal im Operationsgebiet.

Bezüglich der Erfahrungen in der Erkennung *intra- und supra-sellärer raumfordernder Prozesse* fanden sich keine Unterschiede gegenüber den in der Literatur niedergelegten (20, 28, 29). Nach wie vor ist die CT noch unentbehrlich für die Erkennung intrasellärer Mikroadenome bis zu 0,5 cm Durchmesser. Im eigenen Untersuchungsgut und mit den vorhandenen technischen Gegebenheiten war in unserem Vergleichsmaterial bei 2 Patienten mit Tumoren bis zu einer Größe von 1,0 cm kein MR-Nachweis möglich. Bei größeren Tumoren, insbesondere auch wenn sie den Intrasellärraum überschritten, boten sich dagegen keine Schwierigkeiten im Tumornachweis. Differentialdiagnostische Probleme hinsichtlich einer „empty-Sella“ bzw. eines suprasellär oder parasellär gelegenen arteriellen Aneurysmas ergaben sich nicht. Zweifellos von Vorteil für den operativ Tätigen ist die mittels MR ausgezeichnete multidimensionale Darstellung mit der sehr guten Abgrenzung der

Tab. 6 Neuroradiologische MR-Indikationen.

	MR > CT	MR = CT
Schädel:	Entmarkungskrankheiten, z. B. multiple Sklerose low-grade-Astrozytom Pseudotumor cerebri Hirninfrakt (Akutphase 24 Std.) Hämatom (isodens) Kontusionsherd (Frühdiagnose) artefaktfreie Darstellung der hinteren Schädelgrube und des kraniocervikalen Überganges	Hirntumor Hirninfrakt (sonstige Stadien) Hämatom (sonstige Stadien) Hirnkontusion Hirnabszeß Angiom Fehlbildungen Hydrozephalus Hirnatrophie Selladiagnostik Orbitadiagnostik
Wirbelsäule:	Entmarkungskrankheiten Syringomyelie Spinaltumor	Angiom Bandscheibenvorfall

Tab. 7

Vorteile von MR gegenüber CT.
– direkte sagittale und koronare Projektion ohne Umlagerung des Patienten
– keine jodhaltigen Kontrastmittel
– hoher Kontrast zwischen grauer und weißer Hirnsubstanz
– artefaktfreie Darstellung der hinteren Schädelgrube
– hoher Kontrast zwischen gesunden und pathologischen Strukturen
– keine Strahlenbelastung
– Möglichkeit von Stoffwechseluntersuchungen (z. B. Phosphorspektroskopie)
Nachteile von MR gegenüber CT
– hohe Kosten
– bisher unzureichende Spezifität bei hoher Sensitivität
– bisher keine Standardisierung der MR-Parameter
– kein Nachweis feiner Verkalkungen
– keine Untersuchung bei Patienten mit Clips Herzschrittmacher

raumfordernden Prozesse gegenüber den umgebenden bzw. tangierten Hirnarealen, den Zysten usw. Die MR-Diagnostik ist hervorragend in der Erkennung intraspinaler raumfordernder Prozesse (1, 18, 21, 25, 27, 34). Modic und Mitarb. (25) haben in ihrer Publikation ein zervikales Angiom als solches interpretiert. Anlässlich der MR-Arbeits-tagung „Das Zentralnervensystem im Kernspintogramm“ (Erlangen 1984) berichtete Sartor über zwei Angiomverdächtige Befunde, die jedoch weder arteriographisch noch operativ weiter geklärt werden konnten. Von Einsiedel ergänzt, daß in ihrem Material ein im MR angiomomener Rückenmarkstumor bei der Operation sich als ein Angiom herausgestellt habe.

Für die spinalen Angiome kann aufgrund eigener Erfahrungen zusammenfassend gesagt werden, daß der Einsatz der MR derzeit noch begrenzt ist, daß aber die technische Weiterentwicklung sicher auch zu einer erhöhten diagnostischen Treffsicherheit führen wird. Mit entsprechender Erfahrung ist dann damit zu rechnen, daß größere spinale Angiome mit kaliberkräftigen Gefäßen und schnellem Blutdurchfluß letztlich auch im MR als solche zu interpretieren sind. Die Diagnostik und Operationsplanung werden aber nach wie vor durch die superselektive Arteriographie im spinalen Bereich bestimmt. Die Entwicklung spezieller Kontrastmittel für die Kernspintomographie, etwa dem Gadolinium, verspricht nach den experimentellen Erfahrungen (u. a. 14) und der Anwendung bei Menschen (15, 17, 30), daß es dadurch zu einer verstärkten Signalintensität im Bereich des pathologischen Prozesses kommen kann und damit eine bessere Diagnose ermöglicht wird. Für die von uns durchgeführten Vergleichsuntersuchungen liegen jedoch Erfahrungen mit Kontrastmittelgabe noch nicht vor.

Nach dem bisherigen Erkenntnisstand lassen sich Indikationen auf neuroradiologischem Gebiet ableiten, bei denen MR in der diagnostischen Aussage der von CT vergleichbar ist, aber noch wichtiger, auch solche, bei denen MR mehr Informationen liefert oder entscheidend zur Krankheitsabklärung beiträgt (Tab. 6). Die immer wieder zu diskutierenden Vorteile, aber auch Nachteile, von MR im Vergleich zur CT sind in Tab. 7 zusammengefaßt.

Schon heute ist erkennbar, daß MR wahrscheinlich den gleichen Einfluß auf die neuroradiologische Diagnostik in den achtziger Jahren haben wird, wie die CT in den siebziger Jahren. Die MR wird zu einer wesentlichen Untersuchungsmethode in der neuroradiologischen Diagnostik werden, ihr Zugriff ist daher für die Neuroradiologie und damit für die neurologischen Wissenschaften unerlässlich.

Literatur

(1) Aichner, F., F. Gerstenbrand, W. Huk, A. Pallua: NMR-Tomographie in der Diagnostik der Syringohydro-myelie. *Nervenarzt* 55 (1984) 324–327
 (2) Araki, T., T. Inouye, H. Suzuki, T. Machida, M. Iio: Magnetic resonance imaging of brain tumors: Measurement of T₁. *Radiology* 150 (1984) 95–98
 (3) Becker, H., H. Desch, H. Hacker, A. Pencz: CT fogging effect with ischemic cerebral infarcts. *Neuroradiology* 18 (1979) 185–192
 (4) Becker, H., H. Vogelsang: Intravenöse digitale Subtraktionsangiographie zum Nachweis spinaler Angiome. *Fortschr. Röntgenstr.* 140 (1984) 686–689
 (5) Becker, H., R. Schwarzrock, H. Friedrich: Magnetic resonance imaging of cerebral infarcts before and after extra-intracranial anastomoses. In: *Advances in Neurosurgery*, Vol. 13 (1985) in press
 (6) Blom, R. J., F. Vinuela, A. J. Fox, W. T. Blume, J. Girvin, J. C. E. Kaufmann: Computed tomography in temporal lobe epilepsy. *J. Comput. Assist. Tomogr.* 8 (1984) 401–405
 (7) Brant-Zawadzki, M.: Nuclear magnetic resonance imaging: The abnormal brain and spinal cord. In: T. H. Newton, D. G. Potts (eds.), *Modern Neuroradiology*, Vol. 2 (Advanced Imaging Techniques) Clavadel Press, San Anselmo CA 1983
 (8) Brant-Zawadzki, M., P. L. Davis, L. E. Crooks, C. M. Mills, D. Norman, Th. H. Newton, Ph. Sheldon, L. Kaufman: NMR demonstration of cerebral abnormalities: comparison with CT. *AJNR* 4 (1983) 117–124
 (9) Brant-Zawadzki, M., H. M. Bartkowski, D. A. Ortendahl, L. H. Pitts, N. M. Hylton, M. C. Nishimura, L. E. Crooks: NMR in experimental cerebral edema: Value of T₁ and T₂ calculations. *AJNR* 5 (1984) 125–129
 (10) Bryan, R. N., M. R. Willcott, N. J. Schneiders, J. F. Forck, H. S. Derman: NMR evaluation of stroke. *Radiology* 149 (1983) 189–192
 (11) Buonanno, F. S., I. L. Pykett, T. J. Brady, P. Black, P. E. J. New, E. P. Richardson jr., W. S. Hinshaw, M. Goldman, G. Pohost, J. P. Kistler: Clinical relevance of two different nuclear magnetic resonance (NMR) approaches to imaging of a low grade astrocytoma. *J. Comput. Assist. Tomogr.* 3 (1982) 529–535
 (12) Bydder, G. M., R. E. Steiner: NMR imaging of the brain. *Neuroradiology* 23 (1982) 231–240
 (13) Bydder, G. M., R. E. Steiner, D. J. Thomas, J. Marshall, D. J. Gilderdale, I. R. Young: Nuclear magnetic resonance imaging of the posterior fossa: 50 cases. *Clin. Radiol.* 34 (1983) 173–188

- (14) Caillé, J. M., B. Lemaucou, B. Bonnemain: Gadolinium as a contrast agent for NMR. *AJNR* 4 (1983) 1041-1042
- (15) Carr, D. H., J. Brown, G. M. Bydder, H.-J. Weinmann, U. Speck, D. J. Thomas, I. R. Young: Intravenous chelated gadolinium as a contrast agent in NMR imaging of cerebral tumors. *Lancet* 1 (1984) 484-486
- (16) Einsiedel, H. v., W. Löffler: Nuclear magnetic resonance of brain tumors unrevealed by CT. *Europ. J. Radiol.* 2 (1982) 226-234
- (17) Grossman, R. I., G. Wolf, D. Biery, J. McGrath, H. Kundel, J. Aronchik, R. A. Zimmerman, H. I. Goldberg, L. T. Bilaniuk: Gadolinium enhanced nuclear magnetic resonance images of experimental brain abscess. *J. Comput. Assist. Tomogr.* 8 (1984) 204-207
- (18) Han, J. S., B. Kaufman, S. J. El Yousef, J. E. Benson, Ch. T. Bonstelle, R. J. Alfydi, J. R. Haaga, H. Yeung, R. G. Huss: NMR imaging of the spine. *AJNR* 4 (1983) 1151-1159
- (19) Han, J. S., Ch. T. Bonstelle, J. E. Benson, R. J. Alfydi, M. Clampitt, C. Van Dyke, R. G. Huss: Magnetic resonance imaging in the evaluation of the brainstem. *Radiology* 150 (1984) 705-721
- (20) Hawkes, R. C., G. N. Holland, W. S. Moore, R. Corston, D. M. Kean, B. S. Worthington: The application of NMR imaging to the evaluation of pituitary and juxtaseptal tumors. *AJNR* 4 (1983) 221-222
- (21) Huk, W.: NMR Untersuchungen bei Erkrankungen des Gehirns und Rückenmarkes. In: S. Wende, M. Thelen (eds.) *Kernspintomographie in der Medizin*. Springer, Berlin 1983
- (22) Huk, W., W. Heindel, M. Deimling, E. Stetter: Nuclear magnetic resonance (NMR) tomography of the central nervous system: comparison of two imaging sequences. *J. Comput. Assist. Tomogr.* 7 (1983) 468-475
- (23) Levy, R. M., J. Mano, A. Brito, Y. Hosobuchi: NMR imaging of acute experimental cerebral ischemia: time course and pharmacologic manipulations. *AJNR* 4 (1983) 238-241
- (24) McGinnis, B. D., T. J. Brady, P. F. J. New, F. S. Buonanno, I. L. Pykett, R. L. DeLaPaz, J. P. Kistler, J. M. Taveras: Nuclear magnetic resonance (NMR) imaging of tumors in the posterior fossa. *J. Comput. Assist. Tomogr.* 7 (1983) 575-584
- (25) Modic, M. T., M. A. Weinstein, W. Pavlicek, F. Boumpfrey, D. Starines, P. M. Duchesneau: Magnetic resonance imaging of the cervical spine: technical and clinical observations. *AJNR* 5 (1984) 15-22
- (26) Moon, K. L., M. Brant-Zawadzki, L. H. Pitts, C. M. Mills: Nuclear magnetic resonance imaging of CT-isodense subdural hematomas. *AJNR* 5 (1984) 319-322
- (27) Norman, D., C. M. Mills, M. Brant-Zawadzki, A. Yeates, L. E. Crooks, L. Kaufman: Magnetic resonance imaging of the spinal cord and canal: potentials and limitations. *AJNR* 5 (1984) 9-14
- (28) Oot, R., P. F. J. New, F. S. Buonanno, I. L. Pykett, P. Kistler, R. Delapaz, K. R. Davis, J. M. Taveras, Th. J. Brady: MR imaging of pituitary adenomas using a prototype resistive magnet: preliminary assessment. *AJNR* 5 (1984) 131-137
- (29) Poschinger, Th. v., I. Bär, W. Huk, R. Fahlbusch: MRI und CT bei sellären und perisellären Prozessen. MR-Arbeitsstagung: Das Zentralnervensystem im Kernspintomogramm, Erlangen, April 1984
- (30) Schörner H., E. Kazner, C. C. Clausen, Ch. Sprung, R. Felix: Kontrastbeeinflussung von Hirntumoren durch Gadolinium-DTPA bei der Kernspintomographie. MR-Arbeitsstagung: Das Zentralnervensystem im Kernspintomogramm, Erlangen, April 1984
- (31) Sipponen, J. T., M. Kaste, L. Kettonen, R. E. Sepponen, K. Katevuo, A. Sivula: Serial nuclear magnetic resonance (NMR) imaging in patients with cerebral infarction. *J. Comput. Assist. Tomogr.* 7 (1983) 585-589
- (32) Vogelsang, H.: Angiographische Untersuchungen von Wirbelsäule, Spinalkanal und Rückenmark. In: L. Diethelm, S. Wende (Hrsg.) *Handbuch der Medizin. Radiologie*, Band XIV, Teil 1 B, Springer, Berlin 1981
- (33) Vogelsang, H.: Embolization of Spinal Angiomas. In: F. H. W. Heuck, M. W. Donner (eds.) *Radiology Today* 2. Springer, Berlin 1983
- (34) Yeates, A., M. Brant-Zawadzki, D. Norman, L. Kaufman, L. E. Crooks, Th. H. Newton: Nuclear magnetic resonance imaging of Syringomyelia. *AJNR* 4 (1983) 234-237
- (35) Young, R., G. M. Bydder, A. S. Hall, R. E. Steiner, B. S. Worthington, R. C. Hawkes, G. N. Holland, W. S. Moore: The role of NMR imaging in the Diagnosis and Management of Acoustic Neuroma. *AJNR* 4 (1983) 223-224
- (36) Zeitler, E.: *Kernspintomographie*. Deutscher Ärzte-Verlag, Köln 1984
- (37) Zimmerman, R. A., L. T. Bilaniuk, H. I. Goldberg, R. I. Grossman, R. S. Levine, R. Lynch, W. Edelstein, P. Bottomley, R. Redington: Cerebral NMR imaging: Early results with a 0.12 T-resistive system. *AJNR* 5 (1984) 1-7

Privatdozent Dr. H. Becker
Abteilung für Neuroradiologie
Zentrum Radiologie
Medizinische Hochschule Hannover
Konstanty-Gutschow-Str. 8
D-3000 Hannover 61